

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
8 août 2002 (08.08.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/061403 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
**G01N 21/35**, G01M 15/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR02/00025

(22) Date de dépôt international : 4 janvier 2002 (04.01.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
01/00132 5 janvier 2001 (05.01.2001) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-  
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR];  
31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BESESTY**,

**Pascal** [FR/FR]; 156 chemin de Bargeonniers, F-38410  
VAULNAVEY (FR). **MOLVA, Engin** [FR/FR]; 4 place  
Jean Martin, F-38000 GRENOBLE (FR). **HADJI,  
Emanuel** [FR/FR]; 9 impasse des Primevères, F-38600  
FONTAINE (FR).

(74) Mandataire : **RICHARD, Patrick**; c/o BREVATOME, 3,  
rue du Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(81) États désignés (national) : JP, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH,  
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE, TR).

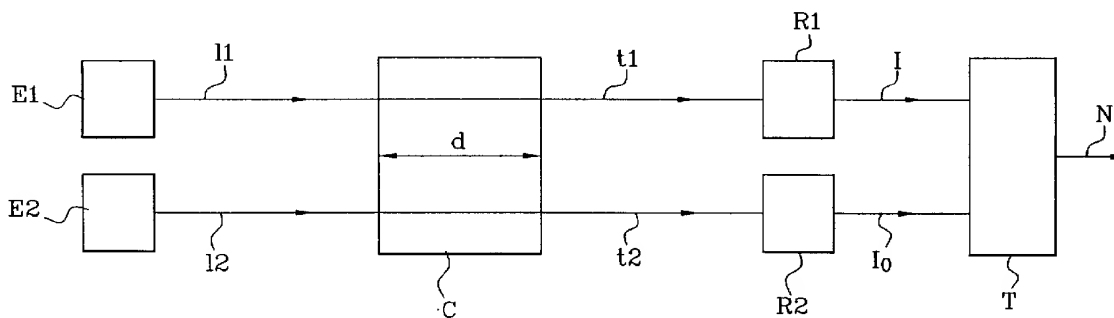
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING GAS CONCENTRATION

(54) Titre : DISPOSITIF DE MESURE DE CONCENTRATION DE GAZ



(57) Abstract: The invention concerns a device for measuring concentration of a gas contained in a cavity (C). A first emitter (E1) consisting of an optically pumped optical microcavity whereof the emission spectrum is located in the gas absorption band emits a first radiation which passes through the cavity. A second emitter likewise consisting of an optically pumped optical microcavity whereof the emission spectrum is located outside the gas absorption band emits a second radiation which passes through the cavity. Receiving means (Ri) measure the optical intensity (I) of the beams which have passed through the cavity. A processing circuit (T) measures the concentration (N) of the gas from the measured optical intensity levels. The invention is useful, inter alia, for controlling the operating conditions of the catalytic element of a motor vehicle exhaust line.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de mesure de concentration d'un gaz contenu dans une cavité (C). Un premier émetteur (E1) constitué d'une microcavité optique pompée optiquement et dont le spectre d'émission se situe dans la bande d'absorption du gaz émet un premier rayonnement qui traverse la cavité. Un deuxième émetteur également constitué d'une microcavité optique pompée optiquement et dont le spectre d'émission se situe en dehors de la bande d'absorption du gaz émet un deuxième rayonnement qui traverse la cavité. Des moyens de réception (Ri) mesurent l'intensité optique (I) des rayonnements qui ont traversé la cavité. Un circuit de traitement (T) mesure la concentration (N) du gaz à partir des intensités optiques mesurées. L'invention s'applique, entre autres, au contrôle du fonctionnement de l'élément catalytique de la ligne d'échappement d'un véhicule automobile.



WO 02/061403 A1

**DISPOSITIF DE MESURE DE CONCENTRATION DE GAZ**Domaine technique et art antérieur

La présente invention concerne un dispositif de  
5 mesure de concentration de gaz.

L'invention s'applique dans différents domaines  
tels que, par exemple, l'analyse des rejets gazeux  
industriels, l'analyse des gaz d'échappement des  
véhicules automobiles, le contrôle de l'admission d'air  
10 pur dans des enceintes fermées, le contrôle des odeurs,  
etc.

Dans le domaine de l'automobile, une  
application particulièrement avantageuse du dispositif  
selon l'invention permet le contrôle du bon  
15 fonctionnement de l'élément catalytique de la ligne  
d'échappement d'un véhicule.

Selon l'art connu, différents dispositifs de  
détection optique de gaz existent. On peut citer, par  
exemple, des dispositifs utilisant des diodes  
20 d'émission laser, des diodes électroluminescentes  
(LEDs), ou des lampes.

Le document « *Remote Sensing of Methane Gas by  
Differential Absorption Measurement Using a Wavelength  
Tunable DFB LD* » (Y. Shimose et al., IEEE photonics  
25 technology letters, vol 3, N°1, p86, January 1991) et  
le document « *Remote Detection of Methane with a 1.66 $\mu$ m  
Diode Laser* » (K. Uehara et al, Applied optics, vol 31,  
N°6, p 809, February 1992) divulguent des dispositifs  
qui utilisent des diodes laser.

30 De tels dispositifs mettent en œuvre des  
circuits électroniques de traitement complexes et

coûteux du fait de l'utilisation de diodes dont la longueur d'onde est très faible (typiquement de l'ordre de  $1,65\mu\text{m}$ ). Ces dispositifs ne sont donc pas aptes à être utilisés dans des domaines d'application grand public tels que, par exemple, le domaine de l'automobile.

Les dispositifs connus qui utilisent des diodes électroluminescentes présentent l'avantage de travailler à des longueurs d'onde supérieures comprises entre 3 et  $6\mu\text{m}$ . Cependant, du fait de la très grande largeur spectrale des rayonnements émis par les diodes, il est nécessaire d'utiliser des filtres interférentiels qui conduisent à un rendement d'émission faible dans la zone d'utilisation. De tels filtres interférentiels sont par ailleurs coûteux. L'utilisation de diodes électroluminescentes présente également d'autres inconvénients. Ainsi, les dérives en température des rayonnements émis par les diodes sont importantes et il est alors nécessaire de mettre en place des circuits de compensation en température. De même, l'émission des rayonnements émis par les diodes est très divergente et nécessite l'emploi d'une optique corrective.

Les documents suivants divulguent des dispositifs de détection optique qui utilisent des diodes électroluminescentes :

- « *Efficient  $3.3\mu\text{m}$  light emitting diodes for detecting methane gas at room temperature* », M.K. Parry et al, Electronics letters, Vol 30, N°23, p 1968, nov 1994,
- « *InAsSb light emitting diodes and their applications to infrared gas sensors* », W.Dobbelaere et al.,

- Electronics letters, Vol2 9, N°10, p 890, may 1993,
- « *Efficient 4.2µm light emitting diodes for detecting CO<sub>2</sub> at room temperature* », Y.Mao et al, Electronics letters, Vol 32, N°5, p 479, February 1996,
  - 5 - « *High power 4.6µm LEDs for CO detection grown by LPE* », A.Krier et al, Electronics letters, Vol 35, N°19, p 1665, Sept 1999.

Les lampes (filament chaud) présentent également l'avantage de travailler dans la gamme de 3 à  
10 6 µm. Du fait de la très grande largeur spectrale du rayonnement émis, il est cependant également nécessaire d'utiliser des filtres interférentiels. Le rendement d'émission est encore plus faible que celui des diodes électroluminescentes. Par ailleurs, l'émission est  
15 également très divergente et il est nécessaire d'utiliser une optique corrective. De plus, dans le cas ou le traitement du signal nécessite une modulation en amplitude, un chopper mécanique est nécessaire.

En résumé, tous les émetteurs mentionnés ci-dessus ne permettent pas de réaliser un dispositif de  
20 détection compact, peu coûteux et d'utilisation simple. Par ailleurs, aucun de ces dispositifs ne permet la détection simultanée de plusieurs gaz différents.

L'invention ne présente pas les inconvénients  
25 mentionnés ci-dessus.

#### Exposé de l'invention

En effet, l'invention concerne un dispositif de mesure de concentration de gaz comprenant :

- 30 - une cavité contenant au moins un gaz dont la concentration est à mesurer,

- au moins un premier émetteur constitué d'une microcavité optique pompée par des moyens optiques de pompage et dont le spectre d'émission se situe dans la bande d'absorption du gaz,
- 5 - au moins un deuxième émetteur constitué d'une microcavité optique pompée par des moyens optiques de pompage et dont le spectre d'émission se situe en dehors de la bande d'absorption du gaz,
- des moyens de réception pour mesurer l'intensité optique d'un premier rayonnement issu du premier émetteur et transmis à travers la cavité et  
10 l'intensité optique d'un deuxième rayonnement issu du deuxième émetteur et transmis à travers la cavité, et
- un circuit de traitement pour mesurer la  
15 concentration du gaz à partir de l'intensité optique du premier rayonnement et de l'intensité optique du deuxième rayonnement.

La cavité peut être une cavité ouverte ou fermée. Par cavité « ouverte », il faut entendre une  
20 cavité qui comprend des ouvertures permettant aux gaz d'être entraînés dans un flux. Par cavité « fermée », il faut entendre une cavité qui ne comprend pas de telles ouvertures.

L'invention concerne également un dispositif de  
25 contrôle de fonctionnement d'un élément catalytique de ligne d'échappement d'un véhicule automobile caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention.

### 30 Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de

l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures ci-annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un schéma de principe de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention ;

- la figure 2 représente un schéma de principe d'un perfectionnement du dispositif de mesure de concentration de gaz représenté en figure 1 ;

- la figure 3 représente un premier exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention ;

- la figure 4 représente un deuxième exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention ;

- la figure 5 représente un troisième exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

#### Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

La figure 1 représente un schéma de principe de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention. Le dispositif comprend une cavité C contenant un gaz dont la concentration est à mesurer, un premier émetteur de rayonnement E1, un deuxième émetteur de rayonnement E2, un premier moyen de réception R1, un deuxième moyen de réception R2 et un circuit de traitement électronique T.

Le spectre d'émission de l'émetteur E1 se situe dans la bande d'absorption du gaz à détecter alors que le spectre d'émission de l'émetteur E2 se situe en dehors de la bande d'absorption du gaz à détecter. Les rayonnements l1 et l2 émis par les émetteurs E1 et E2 traversent la cavité C sur une distance d pour former, au-delà de la cavité, les rayonnements respectifs t1 et t2 détectés, respectivement, par les moyens de réception R1 et R2. Le moyen de réception R1 délivre une mesure I de l'intensité optique du rayonnement t1 et le moyen de réception R2 délivre une mesure I<sub>0</sub> de l'intensité optique du rayonnement t2. Un circuit de traitement T délivre la mesure de la concentration N du gaz à partir des mesures d'intensité optique I et I<sub>0</sub>.

Il vient :

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\alpha \times d),$$

avec  $\alpha = a \times N$ , où a est la densité du gaz en m<sup>-1</sup>ppm<sup>-1</sup>, et N est la concentration du gaz en ppm, d étant la longueur du trajet du faisceau optique dans le milieu gazeux comme mentionné précédemment.

On peut alors écrire :

$$\frac{I}{I_0} \approx 1 - \alpha \times d, \text{ soit}$$

$$\alpha \times d \approx 1 - \frac{I}{I_0}, \text{ et donc}$$

$$\alpha \times d \approx \frac{\delta I}{I_0}, \text{ avec } \delta I = I_0 - I.$$

On en déduit :

$$N = \frac{1}{a \times d} \times \frac{\delta I}{I_0}.$$

Les émetteurs E1 et E2 sont constitués, chacun, d'une microcavité optique résonante dans laquelle la région active est une hétérostructure à semi-conducteur qui émet de la lumière à une longueur d'onde déterminée par le choix du semi-conducteur et le type d'hétérostructure. La couche active est fabriquée par la technique d'épitaxie, avec des matériaux semi-conducteurs tels que, par exemple, CdHgTe, GaAlN, AlBN, GaAlAs, GaAsSb, GaAlSb, etc. ou avec différentes familles d'alliages de semi-conducteurs de famille II-VI (composés de Cd, Zn, Hg, Mn, Mg avec Se, S, Te), ou de famille III-V (Ga, Al, In, B avec N, As, P, Sb).

En général, les hétérostructures sont formées par empilement de multicouches d'alliages sur un substrat. La zone active peut comprendre des puits quantiques qui constituent alors les zones émettrices de lumière. L'épitaxie est réalisée par des moyens connus de type «épitaxie par jet moléculaire», «épitaxie par organométalliques», ou «épitaxie en phase liquide».

Dans l'émetteur à microcavité, la zone active réalisée avec les matériaux semi-conducteurs décrits ci-dessus se trouve à l'intérieur d'une microcavité optique, constituée d'une cavité de type Fabry-Perot comprenant deux miroirs. La cavité Fabry-Perot est calculée de façon à faire correspondre la résonance optique de la cavité avec la longueur d'onde d'émission du semiconducteur. Les microcavités optiques résonantes (de type Fabry-Perot) sont également connues par l'homme de l'art.



L'utilisation d'une microcavité optique résonante permet d'améliorer considérablement les performances de l'émetteur par rapport à une émission qui aurait lieu sans microcavité résonante. Les avantages liés à l'utilisation d'une cavité résonante peuvent s'énumérer comme suit :

- augmentation de l'émission spontanée et de la quantité de lumière émise (augmentation d'un facteur sensiblement égal à 10),
- 10 - affinement spectral de l'émission (le spectre d'émission est affiné d'un facteur 10 à 20),
- meilleure directivité (diminution de la divergence d'un angle d'environ  $20^\circ$ ),
- diminution très importante de la dépendance en  
15 température de la longueur d'onde d'émission (diminution d'un facteur 100).

Le pompage optique nécessite une source dont la longueur d'onde est inférieure à celle de l'émetteur afin de pouvoir être absorbée par la zone active du semi-conducteur. Par exemple, pour les émetteurs infrarouges à base de CdHgTe émettant dans la gamme 3-5 $\mu$ m, une diode laser ou une diode électroluminescente émettant, par exemple à 780nm, 800nm, ou 980nm, peut être utilisée. Il n'est avantageusement pas nécessaire de réguler la longueur d'onde d'émission de la pompe optique. Ceci simplifie considérablement le dispositif, car il n'est pas nécessaire de faire une régulation de température.

La puissance d'émission est proportionnelle à la puissance de pompe. Elle peut être, par exemple, comprise entre 1 et 100 microWatts à la température

ambiante. Pour l'application considérée ici, on utilisera, par exemple, une diode laser pour exciter optiquement les émetteurs.

Le miroir d'entrée de la microcavité optique  
5 est conçu pour être transparent aux longueurs d'onde d'excitation du faisceau de la diode laser de pompe. Ceci est réalisé d'une manière classique, avec un miroir dichroïque ayant une bande de transparence aux longueurs d'onde d'excitation et une réflectivité  
10 élevée à la longueur d'onde de l'émetteur.

D'autre part, il est possible d'augmenter la sensibilité du dispositif avec l'utilisation d'une électronique dédiée. En effet, les faisceaux d'émission des émetteurs infrarouges E1 et E2 peuvent être modulés  
15 en intensité lumineuse par la modulation du faisceau de l'élément optique de pompage. Si l'on considère que l'élément de pompage est une diode laser, on peut moduler le faisceau optique de sortie de l'émetteur infrarouge avec une fréquence supérieure à 100 MHz. A  
20 l'aide de cette propriété, on peut utiliser des fonctions de filtrage électronique (par exemple la fonction de détection synchrone) qui permettent de sélectionner le signal utile à détecter (amélioration du rapport signal sur bruit). De façon générale, chaque  
25 moyen de réception comprend un filtre interférentiel pour sélectionner la lumière à recevoir. Dans le cas de la détection synchrone, il est alors possible de supprimer ce filtre des moyens de réception. En utilisant, par exemple, une modulation codée, un seul  
30 élément de réception peut alors être activé sélectivement en fonction de l'émetteur activé. Ce mode

de réalisation de l'invention est représenté en figure 2 où une commande de modulation codée Mod est appliquée à un unique moyen de réception R.

5 Selon l'invention, le fait de faire une mesure différentielle entre une mesure de signal utile et une mesure de référence permet avantageusement de réduire les bruits parasites ambiants et de supprimer les dérives en température des chaînes de mesure.

10 La figure 3 représente un premier exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention.

Le dispositif comprend quatre émetteurs E1, E2, E3, E4 et quatre diodes détectrices D1, D2, D3, D4. Le rayonnement  $l_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) issu de l'émetteur  $E_i$  est  
15 couplé à la cavité C par une lentille  $L_{li}$ . Le rayonnement  $t_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) qui sort de la cavité C est couplé au détecteur  $D_i$  par une lentille  $L_{ti}$ . Le signaux électriques issus des détecteurs  $D_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) sont transmis au circuit de traitement T.

20 Le spectre d'émission de l'émetteur E1 se situe dans la bande d'absorption d'un premier gaz à détecter et le spectre d'émission de l'émetteur E3 se situe dans la bande d'absorption d'un deuxième gaz à détecter. L'émetteur E2 est associé à l'émetteur E1 pour la  
25 mesure de la concentration du premier gaz et l'émetteur E4 est associé à l'émetteur E3 pour la mesure de la concentration du deuxième gaz.

Le dispositif tel que représenté en figure 3 comprend quatre émetteurs et permet de faire une mesure  
30 de concentration de deux gaz différents (respectivement N1 et N2). De façon plus générale, l'invention concerne

un dispositif comprenant  $2 \times n$  émetteurs pour faire une mesure de concentration de  $n$  gaz différents.

La figure 4 représente un deuxième exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de gaz selon l'invention.

Selon ce deuxième exemple, des miroirs sont utilisés pour la transmission du rayonnement dans la cavité. Le rayonnement  $l_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) qui pénètre dans la cavité est successivement réfléchi par les miroirs  $a_i$ ,  $b_i$  et  $c_i$ . Les miroirs  $b_i$  et  $c_i$  sont placés de part et d'autre de la cavité C. Le miroir  $c_i$  est orienté de façon à permettre au rayonnement  $t_i$  de sortir de la cavité par un orifice prévu à cet effet. Les miroirs peuvent être fabriqués, par exemple, à l'aide de pièces métalliques pliées puis polies. Cette technologie présente l'avantage de pouvoir être mise en œuvre facilement et d'éviter l'emploi d'une optique ZnSe. Pour pallier un encrassement éventuel des chaînes de mesure par les impuretés véhiculées par le flux de gaz, on peut disposer des déflecteurs de protection DFi. En cas d'encrassement, les déflecteurs DFi peuvent être nettoyés par un dispositif de chauffage à haute température qui a pour effet de brûler les impuretés.

Selon l'exemple de réalisation de l'invention représenté sur la figure 4, les émetteurs  $E_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) et les moyens de réception  $R_i$  sont placés du même côté de la cavité. Avantageusement, l'électronique de traitement pour l'émission et la réception des rayonnements peut alors être localisée en un même lieu. Il est alors plus facilement possible de protéger les parties optiques d'émission et de réception. Par

ailleurs, le trajet optique du rayonnement qui parcourt la cavité est un trajet de type aller-retour. Ce trajet est alors sensiblement deux fois plus long que le trajet parcouru par le rayonnement dans les cas  
5 précédents (cf. figures 1, 2 et 3). Cela conduit avantageusement à améliorer la sensibilité de la chaîne de mesure.

La figure 5 représente un troisième exemple de réalisation de dispositif de mesure de concentration de  
10 gaz selon l'invention.

Selon ce troisième exemple de réalisation, des conducteurs de lumière sont utilisés pour guider les différents rayonnements  $l_i$  vers la cavité C. De même, des conducteurs de lumière sont utilisés pour guider  
15 les différents rayonnements  $t_i$  issus de la cavité vers des moyens de détection. Les conducteurs de lumière peuvent être, par exemple, des fibres optiques ou des endoscopes.

Le rayonnement  $l_i$  issu de l'émetteur  $E_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) est ainsi acheminé vers la cavité C par un  
20 conducteur de lumière  $FE_i$  et le rayonnement  $t_i$  issu de la cavité est transmis au détecteur  $D_i$  par un conducteur de lumière  $FR_i$ . Une lentille  $L_{li}$  permet de focaliser le rayonnement  $l_i$  dans la cavité. Le  
25 rayonnement qui pénètre dans la cavité est réfléchi par un miroir  $ci$ . Le miroir  $ci$  est orienté de façon à permettre au rayonnement  $t_i$  de sortir de la cavité par un orifice prévu à cet effet.

Un avantage de ce mode de réalisation est de  
30 permettre l'éloignement de la cavité C de la zone de traitement optoélectronique. La zone de traitement

optoélectronique peut alors être portée à une température différente de la température de la cavité (par exemple, une température plus basse). Cet avantage est particulièrement intéressant pour l'analyse des gaz  
5 d'échappement dans une automobile.

Dans le cadre de l'invention décrite ci-dessus, les émetteurs peuvent être regroupés, sur un même substrat, sous forme de barrette ou de matrice d'émetteurs. Les émetteurs sont pompés par un réseau de  
10 diodes laser de longueur d'onde sensiblement égale, par exemple, à 800nm. Les dimensions du réseau de diodes laser sont sensiblement égales aux dimensions des émetteurs laser de pompe. Une barrette ou une matrice est réalisée, après épitaxie et fabrication des  
15 miroirs, soit par lithographie et gravure pour dégager des zones émettrices en face des zones actives des émetteurs de pompe, soit en masquant à l'aide d'un masque métallique (trous gravés) les zones qui ne doivent pas émettre de lumière.

20 Le mode de réalisation de l'invention représenté en figure 5 comprend quatre émetteurs et permet de faire une mesure de concentration de deux gaz différents. L'invention concerne également le cas où le dispositif comprend  $2 \times n$  émetteurs et permet de faire  
25 une mesure de concentration de  $n$  gaz différents. Avantageusement, le nombre  $n$  peut être assez élevé (par exemple égal à 10), du fait de la grande possibilité de choix de longueurs d'ondes dans la gamme  $3\mu\text{m}$ - $6\mu\text{m}$ .

Selon les modes de réalisation de l'invention  
30 décrits aux figures 3, 4 et 5, le dispositif de mesure comprend autant d'émetteurs dont le spectre d'émission

se situe en dehors de la bande d'absorption des gaz que de gaz dont la concentration est à mesurer. L'invention concerne cependant également le cas où le nombre d'émetteurs dont le spectre d'émission se situe en  
5 dehors de la bande d'absorption des gaz est inférieur au nombre de gaz dont la concentration est à mesurer. Par exemple, un seul émetteur dont le spectre d'émission se situe en dehors de la bande d'absorption des gaz peut être utilisé pour la mesure de  
10 concentration de plusieurs gaz différents.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de concentration de gaz comprenant :

- 5 - une cavité (C) contenant au moins un gaz dont la concentration est à mesurer,
- au moins un premier émetteur (E1) constitué d'une microcavité optique pompée par des moyens optiques de pompage et dont le spectre d'émission se situe dans  
10 la bande d'absorption du gaz,
- au moins un deuxième émetteur (E2) constitué d'une microcavité optique pompée par des moyens optiques de pompage et dont le spectre d'émission se situe en dehors de la bande d'absorption du gaz,
- 15 - des moyens de réception (Ri) pour mesurer l'intensité optique (I) d'un premier rayonnement issu du premier émetteur (E1) et transmis à travers la cavité (C) et l'intensité optique ( $I_0$ ) d'un deuxième rayonnement issu du deuxième émetteur (E2) et transmis à travers  
20 la cavité (C), et
- un circuit de traitement (T) pour mesurer la concentration (N) du gaz à partir de l'intensité optique (I) du premier rayonnement et de l'intensité optique ( $I_0$ ) du deuxième rayonnement.

25

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un premier élément optique (Lli) situé sur une première paroi de la cavité pour permettre au rayonnement (li) issu d'un émetteur  
30 (Ei) de pénétrer dans la cavité (C) et un deuxième élément optique (Lti) situé sur une deuxième paroi de



la cavité située en face de la première paroi pour permettre au rayonnement qui a pénétré dans la cavité de sortir de la cavité (C).

5           3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la cavité (C) comprend une première ouverture pour permettre au rayonnement (li) issu d'un émetteur (Ei) de pénétrer dans la cavité, en ce que la cavité renferme un système de miroirs (ai, 10 bi, ci) pour propager le rayonnement à l'intérieur de la cavité et en ce que la cavité comprend une deuxième ouverture, voisine de la première ouverture, pour permettre au rayonnement propagé par le système de miroirs de sortir de la cavité (C).

15           4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le système de miroirs (ai, bi, ci) est configuré de telle sorte que le rayonnement qui pénètre à l'intérieur de la cavité accomplit au moins 20 un trajet sensiblement aller-retour entre la première ouverture et la deuxième ouverture.

          5. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que les miroirs (ai, bi, ci) sont des 25 pièces métalliques pliées et polies.

          6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un conducteur de lumière (FEi) pour acheminer le 30 rayonnement issu d'un émetteur (Ei) vers la première ouverture et un conducteur de lumière pour acheminer le

rayonnement qui sort de la deuxième ouverture vers un moyen de réception ( $R_i$ ).

7. Dispositif selon la revendication 6,  
5 caractérisé en ce que le conducteur de lumière est une fibre optique ou un endoscope.

8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7,  
caractérisé en ce que les émetteurs sont regroupés sous  
10 forme de barrettes ou de matrices.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens optiques de pompage sont constitués de diodes  
15 laser.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de réception comprennent un premier moyen de réception pour mesurer l'intensité optique du premier rayonnement ( $I$ ) et un deuxième moyen de réception pour mesurer l'intensité optique du deuxième rayonnement ( $I_0$ ).

25 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les moyens de réception comprennent au moins un moyen de réception activé sélectivement pour mesurer soit l'intensité optique du premier rayonnement ( $I$ ), soit l'intensité  
30 optique du deuxième rayonnement ( $I_0$ ).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des déflecteurs (DFi) sont placés à l'intérieur de la cavité (C).

5

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les microcavités optiques du premier (E1) et/ou du deuxième (E2) émetteurs comprennent une région active fabriquée à partir de matériau semi-conducteur CdHgTe, ou GaAlN, ou AlBN, ou GaAlAs, ou GaAsSb, ou GaAlSb ou avec des alliages de semi-conducteurs de famille II-VI ou de famille III-V.

14. Dispositif de contrôle de fonctionnement d'un élément catalytique de ligne d'échappement d'un véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes.

20

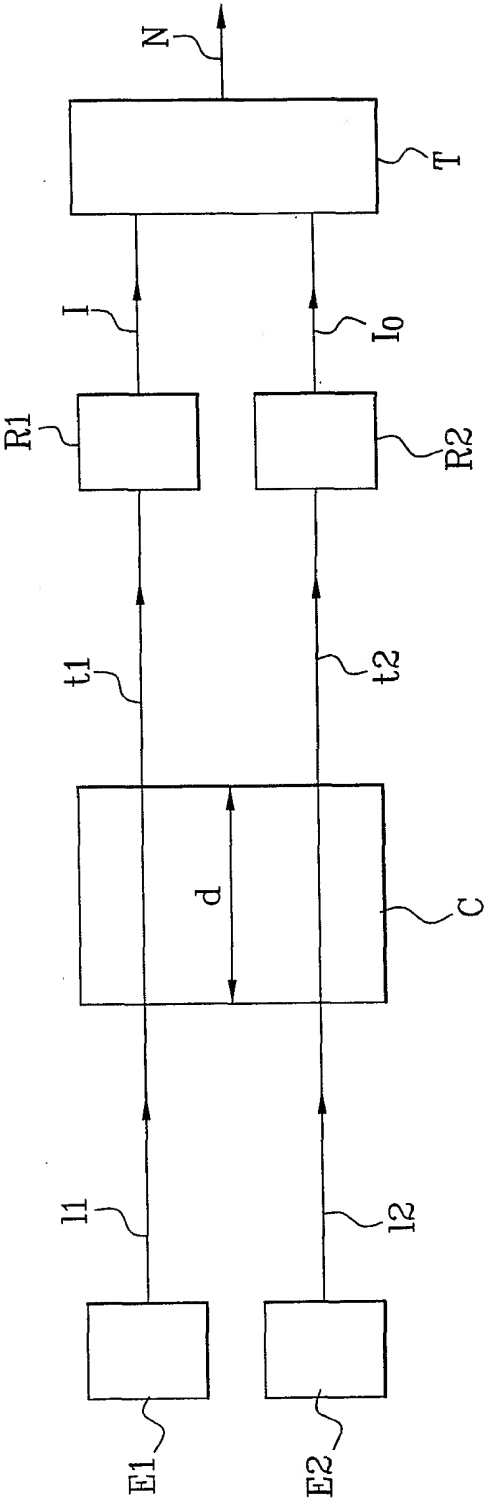


Fig. 1

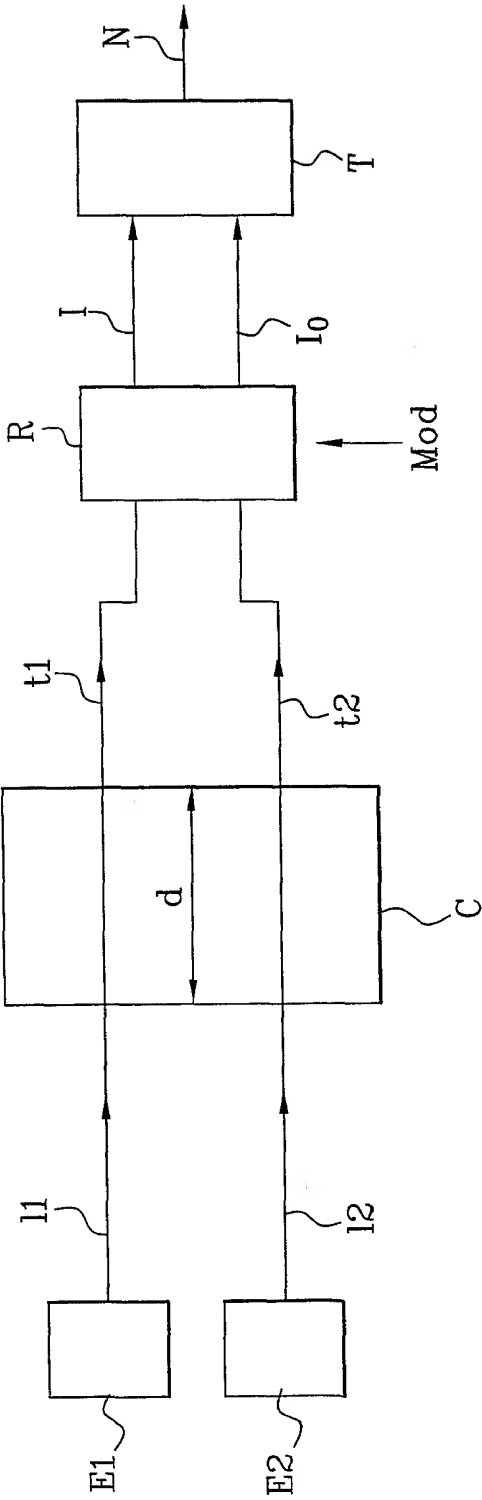
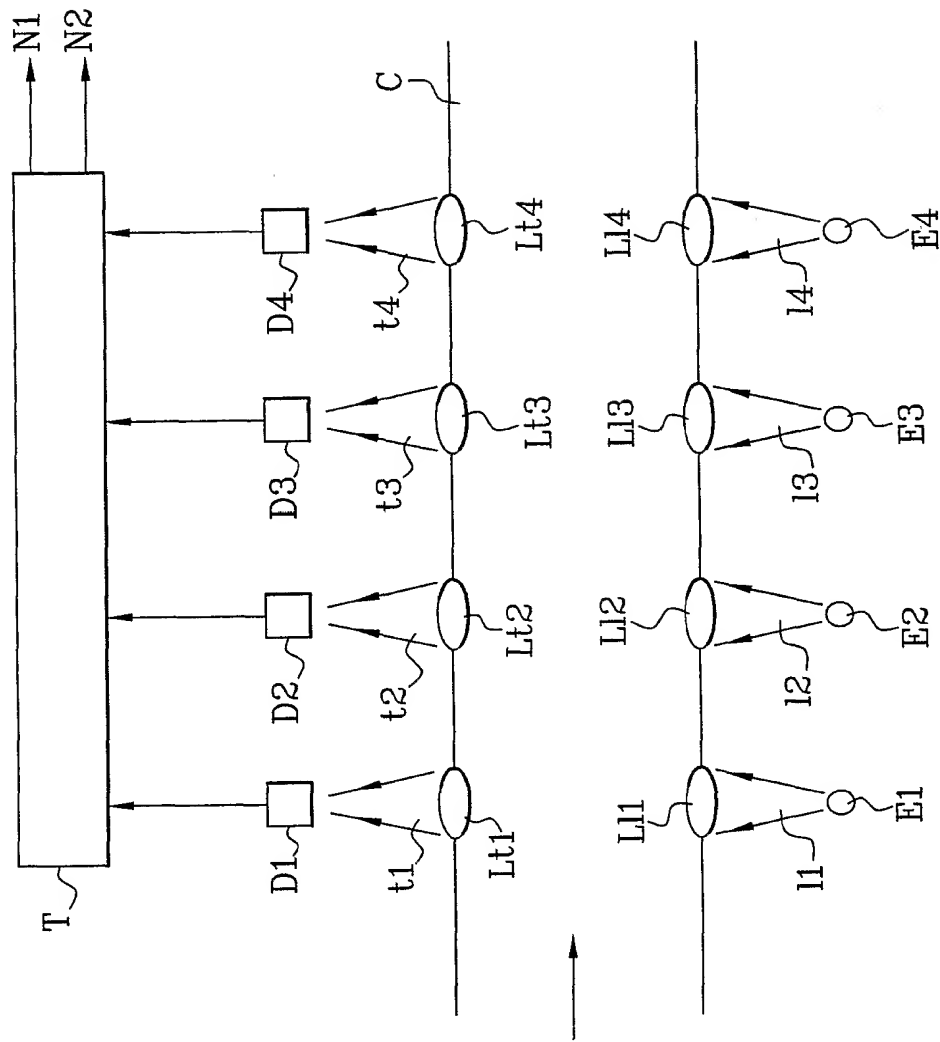


Fig. 2



**Fig. 3**

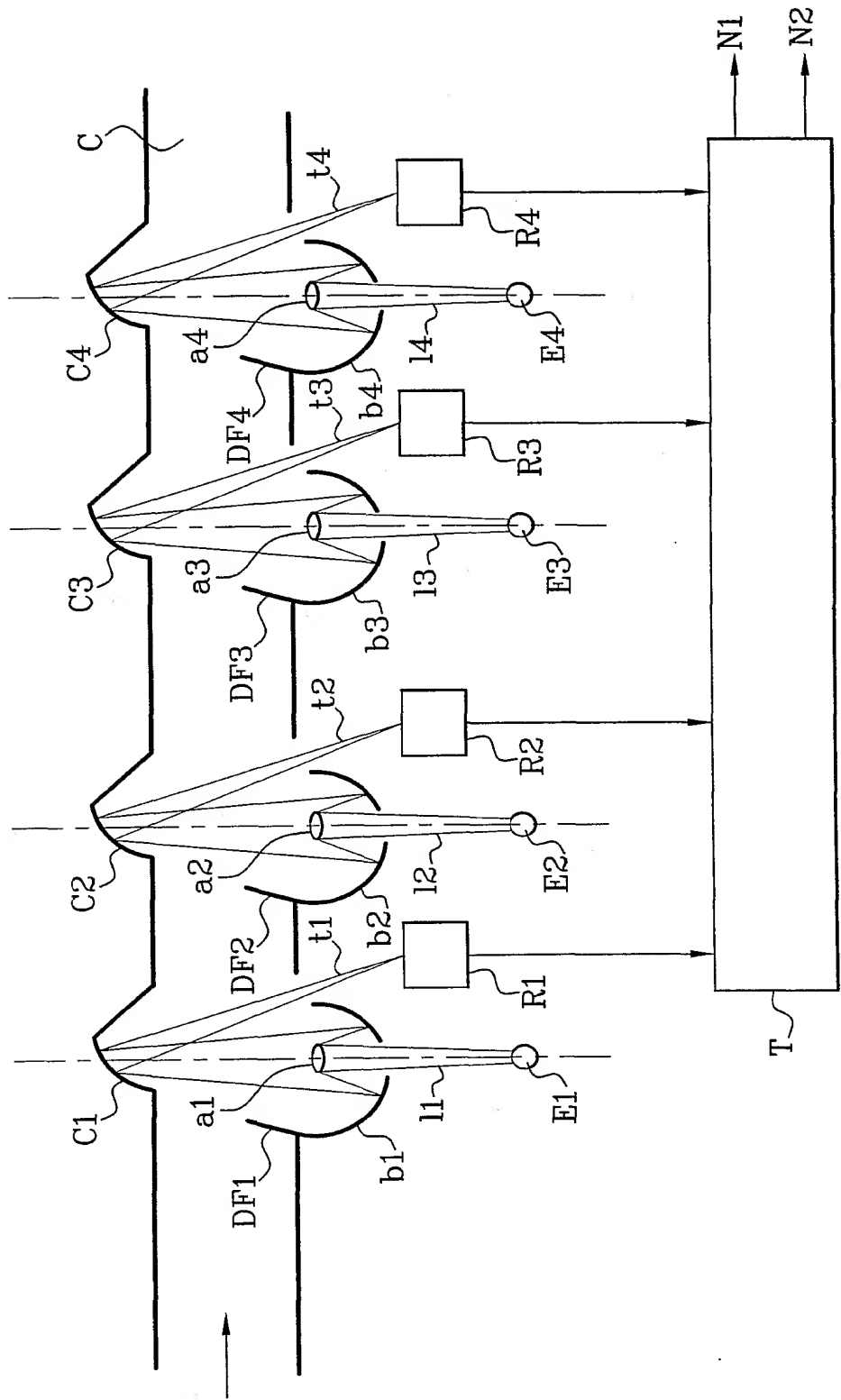


Fig. 4

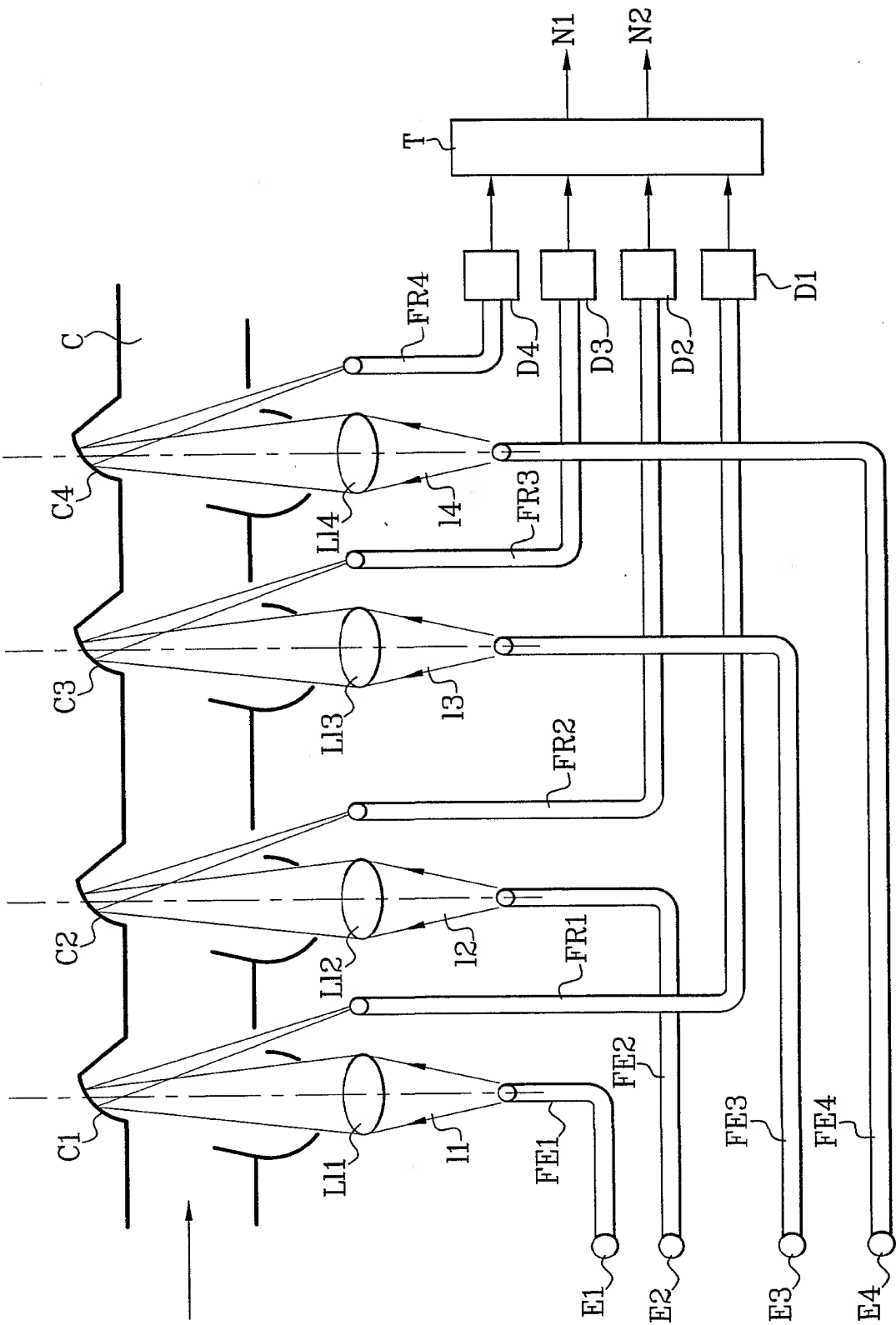


Fig. 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 02/00025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01N21/35 G01M15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01M G01N G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	HADJI E ET AL: "3.3- MUM MICROCAVITY LIGHT EMITTER FOR GAS DETECTION" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 25, no. 10, 15 June 2000 (2000-06-15), pages 725-727, XP000951922 ISSN: 0146-9592 the whole document	1,2, 9-11,13
Y	US 5 942 755 A (DREYER PETER) 24 August 1999 (1999-08-24) abstract column 2, line 52 - line 65 column 3, line 6 - line 11	1,2, 9-11,13
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 May 2002

Date of mailing of the international search report

15/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdoodt, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

PCT/FR 02/00025

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 241 367 A (STUTZENBERGER HEINZ ET AL) 31 August 1993 (1993-08-31) abstract column 2, line 56 - column 3, line 10 column 4, line 58 - line 61 column 5, line 22 - line 29 ----	1-4,6,7, 10
A	DE 196 34 191 A (TULIP JOHN) 27 February 1997 (1997-02-27) figure 11 column 15, line 33 - line 52 ----	3-7,12
A	HADJI E ET AL: "IR microcavity light emitters for gas detection" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. TOPS VOL.39 (IEEE CAT. NO.00CH37088), CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. TOPS VOL.39, SAN FRANC, pages 1-2, XP002178064 2000, Salem, MA, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-634-6 the whole document ----	1,9,13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 04, 31 March 1998 (1998-03-31) & JP 09 318528 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 12 December 1997 (1997-12-12) abstract ----	2,4,10, 11
A	DE 42 35 225 A (IRIS GMBH INFRARED & INTELLIGE) 9 June 1994 (1994-06-09) the whole document -----	14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 02/00025

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5942755	A	24-08-1999	DE 19716061 C1	26-03-1998
US 5241367	A	31-08-1993	DE 4003176 A1	08-08-1991
			WO 9111702 A1	08-08-1991
			EP 0466851 A1	22-01-1992
			JP 4505967 T	15-10-1992
DE 19634191	A	27-02-1997	US 5637872 A	10-06-1997
			US 5748325 A	05-05-1998
			CA 2183502 A1	25-02-1997
			DE 19634191 A1	27-02-1997
JP 09318528	A	12-12-1997	NONE	
DE 4235225	A	09-06-1994	DE 4235225 A1	09-06-1994
			WO 9409266 A1	28-04-1994

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

ande Internationale No  
PCT/FR 02/00025

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01N21/35 G01M15/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01M G01N G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	HADJI E ET AL: "3.3- MUM MICROCAVITY LIGHT EMITTER FOR GAS DETECTION" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 25, no. 10, 15 juin 2000 (2000-06-15), pages 725-727, XP000951922 ISSN: 0146-9592 le document en entier	1,2, 9-11,13
Y	US 5 942 755 A (DREYER PETER) 24 août 1999 (1999-08-24) abrégé colonne 2, ligne 52 - ligne 65 colonne 3, ligne 6 - ligne 11	1,2, 9-11,13
	-/—	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 mai 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/05/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2230 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verdoodt, E

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

mande Internationale No

PCT/FR 02/00025

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 241 367 A (STUTZENBERGER HEINZ ET AL) 31 août 1993 (1993-08-31) abrégé colonne 2, ligne 56 - colonne 3, ligne 10 colonne 4, ligne 58 - ligne 61 colonne 5, ligne 22 - ligne 29 ----	1-4, 6, 7, 10
A	DE 196 34 191 A (TULIP JOHN) 27 février 1997 (1997-02-27) figure 11 colonne 15, ligne 33 - ligne 52 ----	3-7, 12
A	HADJI E ET AL: "IR microcavity light emitters for gas detection" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. TOPS VOL.39 (IEEE CAT. NO.00CH37088), CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. TOPS VOL.39, SAN FRANC, pages 1-2, XP002178064 2000, Salem, MA, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-634-6 le document en entier ----	1, 9, 13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 04, 31 mars 1998 (1998-03-31) & JP 09 318528 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 12 décembre 1997 (1997-12-12) abrégé ----	2, 4, 10, 11
A	DE 42 35 225 A (IRIS GMBH INFRARED & INTELLIGE) 9 juin 1994 (1994-06-09) le document en entier -----	14

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Recherche Internationale No

PCT/FR 02/00025

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5942755	A	24-08-1999	DE 19716061 C1	26-03-1998
US 5241367	A	31-08-1993	DE 4003176 A1	08-08-1991
			WO 9111702 A1	08-08-1991
			EP 0466851 A1	22-01-1992
			JP 4505967 T	15-10-1992
DE 19634191	A	27-02-1997	US 5637872 A	10-06-1997
			US 5748325 A	05-05-1998
			CA 2183502 A1	25-02-1997
			DE 19634191 A1	27-02-1997
JP 09318528	A	12-12-1997	AUCUN	
DE 4235225	A	09-06-1994	DE 4235225 A1	09-06-1994
			WO 9409266 A1	28-04-1994